

Ohud rasedate uurimisel radioloogias

Martin Reim¹, Mare Lintrop^{1,2}, Pilvi Ilves^{1,2}

Rasedus on organismi loomulik seisund, mille jooksul võib esineda haigestumisi või traumasid, mille puhul on vaja kliinilises praktikas teha täiendavaid radioloogilisi uuringuid. Mossmani jt (1982) andmetel võib tuvastamata raseduse I trimestris sooritatud uuringute hulk ulatuda kuni 1%-ni kõigist fertiilses eas naistele sooritatud kõhupiirkonna uuringutest (1). Ligi 6–7% rasedatest saab raseduse jooksul trauma, mis on fertiilses eas naiste surma peamine põhjus sünnistusabi järel (2). Varem teadaoleva raseda patsiendi uurimine sellise meetodiga, kus kasutatakse ioniseerivat kiirgust, peab olema kaalutletud otsus, et vältida võimalikku kiirgusdoosist tulenevat ohtu ja samal ajal tagada adekvaatne diagnostika haigusseisundi hindamisel. Tegemist on olukorraga, mille puhul on kliinilises praktikas vaja täpsemaid juhiseid.

Ülevaateartikli eesmärk on selgitada enam levinud radioloogiliste, eeskätt selliste uuringute mõju, kus kasutatakse ioniseerivat kiirgust, neelduvaid kiirgusdoose ja potentsiaalset ohtu rasedale ning lootele.

LOODUSLIK FOONKIIRGUS

Igapäevaselt saame loodusest teataval hulgal ioniseerivat kiirgust. Seda nimetatakse looduslikuks foonkiirguseks. Looduslik foonkiirgus on maailma eri paikades erinev ning sõltub mitmetest teguritest nagu geograafiline kõrgus, maapinna kivimite koostis, kaaliumi sisaldus merevees, radooni sisaldus atmosfääris, tuumakatastroofid jm. Rahvusvaheline Tuumaenergia Agentuuri (IAEA) ja ÜRO tuumakiirguse mõjude teadusliku komitee (UNSCEAR) andmetel on maailmas rahvastiku keskmine aastadoos inimese kohta kõigist kiirgusallikatest 2,8 mGy aastas. Sellest 2,4 mGy on looduslik foonkiirgus (3).

IONISEERIV KIIRGUS

Radioloogilised uuringud saab jagada meetoditeks, kus kasutatakse ioniseerivat kiirgust (röntgeniülesvõtted ja -läbivalgustused, kompuutertomograafia (KT), angiograafia, mammograafia ja nuklearmeditsiinilised uuringud); ning uuringuteks, kus ioniseerivat kiirgust ei kasutata (ultraheliuuringud (UH-uuring) ja magnetresonantstomograafia (MRT)). Ioniseerival kiirgusel on kahjustav bioloogiline toime keharakkudele, seetõttu tuleks juba uuringute planeerimisel arvestada erinevatel uuringutel saadava ioniseeriva kiirguse neelduva doosiga. Ohu minimeerimiseks on kiirguskaitse kehtestanud kindlad

juhised kiirgusdooside reguleerimiseks ja kontrolliks.

Ioniseeriv kiirgus on võimeline tekitama bioloogilises koes ioonipaare ja kannab endas energiat. Ioniseerivat kiirgust mõõdetakse erinevate ühikutega. Neeldunud doos on energia hulk, mille ioniseeriv kiirgus annab üle ainele – näiteks inimkoe massiühikule ühe kilogrammi koe massi kohta. Selle SI mõõtühikuks on grei (Gy) ja 1 grei = 1 J kg⁻¹. Ekvivalentdoos on inimese koe või elundi kiiritusdoos, mis saadakse, kui neeldunud doos korrutatakse kiirgusfaktoriga, võimaldades arvesse võtta erinevate kiirgusliikide erinevat tervisekahjulikkust koele. Ekvivalentdoosi mõõtühikuks on siivert (Sv). Efektiivdoos on inimese kogu keha kiiritusdoos, mis saadakse, kui ekvivalentdoos igale koele või elundile korrutatakse läbi vastava koefaktoriga ning summeeritakse. Selle ühikuks on samuti siivert (3).

Ioniseeriva kiirguse mõju kudedele saab jagada stohhastilisteks ja deterministlikeks mõjudeks (2). Stohhastiline toime põhineb DNA kahjustusel ja sellel pole lävidoosi. Kliiniline tähtsus on DNA kahjustumisest lähtuv kantserogeenne toime ehk suurenenud oht haigestuda elu jooksul kasvajalisse haigusse. Kiirgusdoosi kasvades suureneb pigem haigestumise tõenäosus kui haigestumise raskusaste (4). VII BEIRi (*Biological Effects of Ionizing Radiation*) raporti kohaselt on isiku üldine risk haigestuda elu jooksul kasvaja-

Eesti Arst 2015;
94(3):139–146

Saabunud toimetusse:
10.02.2015
Avaldamiseks vastu võetud:
17.02.2015
Avaldatud internetis:
27.03.2015

¹ Tü Kliinikumi
radioloogiakliinik,
² Tartu Ülikooli
radioloogiakliinik

Kirjavahetajaautor:
Martin Reim
reimmartin@gmail.com

Võtmesõnad:
rasedus, ioniseeriv kiirgus,
radioloogilised uuringud

lisse haigusesse 42% ja 100 mGy suurusele ioniseerivale kiirgusele eksponeerimine suurendab elu jooksul riski 1% võrra (4, 5). Deterministlik toime on lävidoosi ületamisel tekkiv paljude rakkude kahjustus või surm, mis võib avalduda madalamatel doosidel naha erüteemina, juuste väljalangemisena, kataraktina või lõppeda suurtel doosidel ka isiku surmaga. Loote puhul võivad deterministlikud mõjud viia prenataalse hukuni, üsasisesse kasvupeetuseni, malformatsioonideni, vaimse arengu häireteni või pea väiksema ümbermõõduni (2, 4, 6, 7). Kehtib järgmine seos: mida suurem doos, seda suurem mõju. Deterministlikud toimed ei avaldu täiskasvanul alla läviväärtuse 1000 mGy (8, 9). Loote puhul peetakse deterministlike mõjude avaldumise läviväärtuseks 50–100 mGy suurust neeldunud doosi, kuid see sõltub lisaks raseduse kestusest (10, 11). Kiirguskaitse eesmärk on välistada kiirguse deterministlik toime ja viia miinimumini stohhastiliste efektide tekke risk. VII BEIRi raporti järgi on madal kiirgusdoos kuni 100 mGy (5).

ALARA: „NII VÄHE KIIRGUST, KUI ON VÕIMALIK MÕISTLIKULT SAAVUTADA”

Radioloogilise ioniseeriva kiirguse kasutamisel kehtib kõigile patsientidele üldine põhimõte: nii vähe kiirgust, kui on võimalik mõistlikult saavutada. See vastab ingliskeelses kirjanduses kasutatavale ALARA printsiibile, mis on akronüüm sõnadest *As Low As Reasonably Achievable*. See põhimõte kehtib ka rasedate puhul, kuid see ei tähenda, et kõiki radioloogilisi uuringud peaks raseduse korral iga hinna eest vältima. Lähtuma peab meditsiinilisest vajadusest ja uuringu näidustusest. Esikohal on raseda naise tervislik heaolu, sest ema haiguslik seisund võib kahjustada loodet rohkem kui tehtud uuring või interventsioon (12, 13). Tehes rasedale patsiendile uuringut, kus kasutatakse ioniseerivat kiirgust, tuleb võtta patsiendilt kirjalik informeeritud nõusolek (6).

KUIDAS MÕJUVAAD LOOTELE UURINGUD, KUS KASUTATAKSE IONISEERIVAT KIIRGUST?

Rahvusvahelised organisatsioonid (National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP), International Commission on Radiological Protection (ICRP), BEIR VII,

Centers for Disease Control and Prevention (CDC), American College of Radiology (ACR), American Congress of Obstetricians and Gynecologists (ACOG)) on konsensuslikul seisukohal, et pahaloolumuliste kasvajate, aborti või suurte malformatsioonide tekkerisk on ebaoluline loote ekspositsioonil 50 mGy või väiksema suurusega kiirguse suhtes (7, 14–18). Valdav osa diagnostilisi radioloogilisi uuringuid annavad lootele alla 50 mGy suuruse doosi (2).

Jäsemete (v.a puusa ja vaagna), pea, kaela ja rindkere tavapärased röntgeniülevõtted on niivõrd madala lootes neelduva kiirgusdoosiga, et kiirguriski hinnatakse ebaoluliseks (2, 4, 7). Mammograafiat peetakse raseduse ajal samuti ohutuks uuringuks, sest emakas neelduv kiirgusdoos on Sechopouluse jt (2007) fantoomanalüüsi andmetel alla 0,03 µGy (19).

Sadro jt (2013) on oma artiklis toonud välja, et KT-uuringute puhul kasutatav kollimeeritud röntgenikiirgus on suunatud kindlale kehapiirkonnale ning kui loode ei jää vastavasse piirkonda, siis on lootes neelduv kiirgusdoos ebaoluliselt väike (4). Seega, need radioloogilised uuringud rasedatel, kus ei eksponeerita otseselt kõhu või vaagna piirkonda, on sedavõrd väikese kiirguskoormusega, et ei muuda raseduse kulgu ega mõjuta hajukiirguse näol olulisel määral loodet (4, 20). Lootes neelduv kiirgusdoos on hinnanguliselt 30% uuringul saadavast ema kiirgusdoosist (21). Loote kiirgurisk oleneb ka raseduse kestusest (6). Kiirgurisk on suurim raseduse varajases staadiumis ehk organogeneesi ajal. Raseduse teisel trimestril risk väheneb ja risk on väikseim kolmandal trimestril (6). Kaela ja pea KT-uuringud ning kopsuarteri trombemboolia (KATE) KT-uuring on loote kiirguskoormuse aspektist lähtuvalt samuti võrdlemisi ohutud, sest jäävad anatoomiliselt lootest kaugele ning lootes neelduv kiirgus on väga väike (2, 4). Ühefaasilise KT-uuringu puhul kõhuõõnest ja vaagnast on lootes neelduv kiirgusdoos tavaliselt alla 35 mGy (4, 22, 23) ning jääb enamasti vahemikku 15–20 mGy (6).

Fluoroskoopia kontrolli all sooritatud vaagnapiirkonna interventsioonid (näiteks angiograafilised protseduurid või muud läbivalgustusuuringud) võivad olla üle teratogeenseks peetava kiirguse lävidoosi (100 mGy) (6, 7). Samas võib angiograafiline sekkumine osutada verejooksu korral ema

elu päästvaks protseduuriks. Kõigi radio-
loogiliste uuringute tegemisel rasedatel
tuleb kaaluda riskide ja saadava kasu
suhet (6).

Sadrol jt (4) artikli alusel on tabelis
1 esitatud loote neeldumiskoostid enam
levinud uuringutel, mille puhul kasutatakse
ioniseerivat kiirgust.

Tänapäevaks on radioloogiline aparatuur
teinud läbi ridamisi uuendusi, mis võimal-
davad vähendada üksikuuringu kiirgus-
koormust. Iga patsiendi puhul on oluline
valida diagnostiliselt õige uuring ning
piirata uuritava piirkonna ulatust vastavalt
näidustusele. Keerulisemates olukordades
(sh rasedus) on soovitatav konsulteerida
radioloogidega, kellega koostöös saab ravi-
arst määrata optimaalse uuringu. Lihtsaim
viis kiirguskoostid vähendada on otsesesse
kiirgusvoogu jääva uuringuvälja piiramine
(kollimeerimine) vajadusest lähtudes (6).
KT-uuringutel on koostöös radioloogiga
oluline valida vaid üks kõige olulisem faas
või kasutada spetsiaalseid madala doosi
protokolle (nt neerukivi diagnoosimiseks
suunatud KT-uuring). Iga uus faas uuringul
lisab sama suure uue kiirguskoostid, eriti tuleb
seda jälgida vaagnapiirkonna KT-uuringutel.
Alati tuleb lähtuda uuringumeetodi infor-
matiivsusest ja konkreetsest olukorrast (6).
Võimalikku neelduvat kiirguskoostid võib
vajaduse korral hinnata radioloogi või meditsi-
niinifüüsika spetsialistiga ja seejärel arutada
uuringu sooritamise vajalikkust patsiendiga.
Kui uuring, kus kasutatakse ioniseerivat
kiirgust, on vajalik, siis võib kasutada
kiirguskoostid dosimeetrist registreeri-
mist, et dokumenteerida saadav kiirgus-

Tabel 1. Loote neeldumiskoostid enam levinud uuringutel, kus
kasutatakse ioniseerivat kiirgust (4)

Röntgeniülesvõtted	Loote neeldumiskoostid (mGy)
Üks kaela röntgeniülesvõte	alla 0,001
Üks rindkere röntgeniülesvõte	0,002
Üks lülisamba torakaalosa röntgeniülesvõte	0,003
Üks lülisamba nimmeosa röntgeniülesvõte	1
Üks kõhu röntgeniülesvõte	1–3
Intravenoosne püelograafia	6
KT-uuringud	Loote neeldumiskoostid (mGy)
Pea KT	0
Rindkere KT (KATE angiograafia)	0,2
Kõhu KT üks faas	4
Kõhu ja vaagna KT üks faas	25
Neerude, urotrakti, põie KT üks faas	10

koostid ning sellest lähtudes planeerida jätku-
ravi või protseduure (6).

KIIRGUSE RISKID LOOTELE

American College of Radiology järgi tuleb
rasedate uurimisel meetoditega, kus kasu-
tatakse ioniseerivat kiirgust, hinnata kaht
riskiaspekti: ebasoodsa tulemi tõenäosust
ja selle raskusastet. Neid aspekte tuleb
võrrelda uuringust saadava kasuga ning
pidada silmas nii patsiendi kui ka loote
heaolu ja riske (6).

Loote gestatsioonivanusest sõltuvad kiirguse toimed

Loote kiirguskoormuse riski saame hinnata,
kui on teada loote vanus ja eeldatav neeldumiskoostid (6). Nende kahe parameetri alusel on
ACR ja Society for Pediatric Radiology (SPR)
koostanud jaotuse, mis on toodud tabelis 2.

Tabel 2. Ioniseeriva kiirguse mõju lootedoosist ja gestatsioonivanusest sõltuvalt (6)

Gestatsiooniaeg	< 50 mGy	50–100 mGy	> 100 mGy
0.–2. nädal (0.–14. päev)	–	Võimalik raseduse katkemine†	Võimalik raseduse katkemine†
3.–4. nädal (15.–28. päev)	–	Ilmselt ei ole lootele mõjusid	Võimalik spontaanne abort
5.–10. nädal (29.–70. päev)	–	Võimalik mõju lootele on ebaselge ning ilmselt liiga vähe, et seda kliiniliselt tuvastada	Malformatsioonide esinemise suurenemine tõenäosus. Malformatsioonide sagenemine korreleerub doosi suurenemisega
11.–17. nädal (71.–119. päev)	–	Võimalik mõju lootele on ebaselge ning ilmselt liiga vähe, et seda kliiniliselt tuvastada	IQ vähenemise ja vaimse alaarengu riski suurenemine ja raskusastme süvenemine on korrelatsioonis doosi suurenemisega
18.–27. nädal (120.–189. päev)	–	–	IQ langust diagnostiliste uuringute neeldumiskoostid korral ei esine
> 27. nädal (> 189. päev)	–	–	Ei ole rakendatav diagnostilises meditsiinis

– Ei ole mõjusid.

† Sadrol jt artikli tabel 2 alusel tehtud täiendus (tulemused põhinevad loomkatsetel) (4).

1. Ioniseeriva kiirguse suhtes eksponeerimine enne eostamist

Pole dokumenteeritud andmeid, et enne eostamist toimunud eksponeerimine ioniseeriva kiirguse suhtes oleks inimpopulatsiooni geneetilisele pärilikkusele reaalseks ohuks (6).

2. Ioniseeriva kiirguse suhtes eksponeerimine kuni kahe nädala jooksul pärast eostamist

10–14 päeva pärast eostamist võib uuringu tegemine, kus kasutatakse ioniseerivat kiirgust, suurendada teoreetiliselt raseduse iseenesliku katkemise tõenäosust. ICRP ja Kanali jt (2000, 2003) andmetele tuginedes ei ole diagnostilistel uuringutel saadavad kiirgusdoosid ja raseduse katkemise suurenenud risk leidnud seoselist tõestust (12, 13). Üldpopulatsioonis katkeb hinnanguliselt 50% kõigist rasedustest iseeneslikult (24). Diagnostiline fluoroskoopia vaagna piirkonnast, vaagna ja kõhu piirkonna ühe faasi KT või korduvad röntgeniülesvõtted vaagnast ei indutseeri tõenäoliselt raseduse iseeneslikku katkemist, kuid vaagnapiirkonna uuringutel on siiski suurem risk ületada läviväärtus (6). ICRP andmetel on raseduse alguses spontaanset aborti esilekutsuva kiirgusdoosi võimalik läviväärtus ≥ 40 mGy (13). ACRI andmetel on hulgaliselt dokumenteeritud juhtumeid, kus loote arengu esimesel kahel nädalal sooritatud tavapärased uuringud ei ole suurendanud lootel anomaaliade esinemissagedust (10).

3. Ioniseeriva kiirguse suhtes eksponeerimine 2.–15. rasedusnädalal

Raseduse 2.–15. nädalal on ioniseeriva kiirguse riske lootele hinnatud erinevalt. Sel ajal on loode otseselt kiirgusele eksponeeritud ainult vaagna ja alakõhu uurimisel. Teiste piirkondade uurimisel jõuab lootenähtu sisse hajukiirgus, mis on oluliselt väiksem otsesest kiirgusdoosist (6, 21). Vaagnapiirkonna radioloogiliste uuringute tavapärase seadistuse korral jääb kiirguskoormus alla ebasoodsate mõjude läviväärtust (100 mGy). Enamik radiograafilisi uuringuid on lootes alla 20 mGy suuruse neeldumiskoormusega (6). Alla 100 mGy suuruste dooside puhul ei ole täheldatud loote arengulisi häireid ja raseduse katkestamine kiirgusele eksponeerituse tõttu ei ole näidustatud (4). Üle 100 mGy suuruste dooside puhul on arenguliste häirete esinemise risk vähesel

määral suurenenud, kuid risk jääb siiski võrdlemisi väikeseks, kui doosid on alla 150–200 mGy (13, 25).

Korrektsesti sooritatud diagnostilise uuringu puhul on elu jooksul kasvajaalse haiguse omandamise risk vähesel määral suurenenud. 20 mGy suuruse lootedoosi korral suureneb kasvajarisk 0,8%: see tähendab 5000 sünnituse kohta vähem kui 40 elu jooksul tekkivat kasvajaajuhtumit. Teisisõnu on üle 99% tõenäosus, et loode ei saa sellise kiirguse mõjul kahjustada (6). Seega on loote risk väga väike ning sellise doosiga kiirgusele eksponeerimise korral ei ole vaja rasedust katkestada (6, 25).

3.1. Embrüostaadium

Loote organogenees toimub 2.–8. rasedusnädalal ning selles vahemikus on arenev loode potentsiaalselt kõige tundlikum suurema osa elundite kiirgusest esile kutsutud malformatsioonide ja üldise kasvupeetuse kujunemise suhtes (6). Läviväärtuseks peetakse 100–200 mGy (13). Vahetult kiirgusdoosi läviväärtuse läheduses on malformatsioonide või kasvupeetuse esinemise tõenäosus suhteliselt väike, kuid mida suurem on kiirgusdoos üle läviväärtuse, seda suurem on ka malformatsioonide kujunemise oht (6). Diagnostiliste uuringute käigus saadavad kiirgusdoosid jäävad tavaliselt alla 100 mGy (6, 26) ja ACRI juhendi andmetel esineb selliste kiirgusdooside juures malformatsioonide kujunemist väga harva ning need on identifitseeritavad ainult statistilisel mudelanalüüsil. Otake jt (1993) uuringus ei esinenud lastel kognitiivseid või käitumuslikke kõrvalekaldeid (26).

3.2. Varane looteperiood

8.–15. rasedusnädalal on loote kesknärvisüsteem (KNS) väga radiosensitiivne, kuna neuronite mitotoiline aktiivsus ja migreerumine on suurenenud (27). Selles ajavahemikus on KNSi kahjustused (eelkõige vaimne alaareng) kõige sagedasemateks radioloogiliste uuringute ioniseeriva kiirguse kasutamisega seostatud mõjudeks (6). Vaimset alaarengut indutseeriv kiirgusdoosi läviväärtus jääb eeldatavalt vahemikku 60–310 mGy, kasutatud on Jaapani DS86 dosimeetritega saadud andmeid (6, 28).

Läviväärtuse suur vahemik on tingitud kõnealuses suurusjärgus kiirgusdoosi saanud patsientide väga väikesest valimist. See vahemik on saadud statistilise

modelanalüüsiga ega pruugi kattuda teiste arvutuslike mudelite tulemustega. Tugevalt väljendunud vaimset arengupeatust põhjustanud ja kliiniliselt dokumenteeritud kõige madalam kiirgusdoos on 610 mGy (6, 28). Eeldatav läviväärtus on saadud dokumenteeritud kõrgemate dooside üldistamisel ja 1000 mGy eksponeerimise korral on absoluutne risk vaimse alaarengu kujunemiseks 44% (6). Tänapäeval on korrektselt sooritatud uuringud mainitud kiirgusdoosidest kordades väiksema kiirguskoormusega, jäädes enamasti alla 50 mGy (6). 8.–15. rasedusnädalal on loote kiirgusdooside uurimisel leitud, et üle 100 mGy suuruste dooside puhul väheneb IQ 25–29 punkti 1000 mGy kohta. Alla 100 mGy suuruste dooside puhul ei ole kiirgusega seotud vaimse arengu häireid leitud (6, 27).

4. Ioniseeriva kiirguse suhtes eksponeerimine pärast 15. rasedusnädalat

Sellel raseduse etapil on ioniseerivast kiirgusest tulenev KNSi arenguliste häirete esinemise suurenenud risk vaid suurte kiirgusdooside juures (alates 200 mGy) (6). Sellel perioodil tehtud uuringute korral, kus kasutatakse ioniseerivat kiirgust, on ainuke reaalne risk suurenenud tõenäosus kasvajaaluste haiguste tekkeks edasise elu jooksul (6). ACRI juhendi järgi suurendab sellel perioodil 50 mGy suurune neeldunud lootedoos elu jooksul kasvajaaluste haiguse esinemise riski 2%, kuid täpse kvantitatiivse hinnangu andmine on reaalses elus võimatu (25, 29).

4.1. Keskmine looteperiood

16.–25. rasedusnädalal on raske vaimse alaarengu kujunemiseks eeldatav neeldunud kiirgusdoosi läviväärtus umbes 250–280 mGy (6). IQ vähenemine avaldub nõrgemalt kui varasemas looteeas: üle 100 mGy suuruse doosi puhul on eeldatav IQ vähenemine 13–25 punkti 1,000 mGy kohta (6). Väärarendite kujunemise läviväärtus on 16.–25. rasedusnädalal 1000 mGy (6).

4.2. Hiline looteperiood

Pärast 25. rasedusnädalat on vaja erakordselt suuri kiirgusdoose, et avalduks deterministlik mõju lootele (6). Selles eas on risk stohhastiliste mõjude avaldumiseks tulevikus, eelkõige neoplastiliste muutuste esilekutsumiseks (6).

IONISEERIVA KIIRGUSEGA UURINGUTE TEGEMINE KLIINILISES PRAKTIKAS

Euroopa Liidu direktiiviga 2013/59/EURATOM on kehtestatud kindlad juhised rasedal või potentsiaalselt rasedal naisel uuringute tegemisele, kus kasutatakse ioniseerivat kiirgust. Kui rasedus on välistatud, siis uuringu sooritamiseks põhimõttelist takistust ei ole ning kehtivad tavapärase uuringuprotokollid (30). Kui on kindel, et patsient on rase või on tõenäosus, et patsient on rase (nt menstruaatsiooni hilinemine), siis on enne uuringu sooritamist oluline raseduse täpsustamine täiendavate testidega ning uuringust saadava kasu ja võimalike riskide uus hindamine (30). Kui patsiendi raviarst ja radioloog on jõudnud otsusele, et rasedale naisele sooritatav uuring ja saadav kiirguskoormus emakale (sh lootele) on põhjendatud, siis tuleks vastav otsus ka haigusloos dokumenteerida ning selgitada patsiendile uuringuga seonduvaid riske, saadavat kasu ning uuringu vajalikkust (30).

UURINGUD, KUS EI KASUTATA IONISEERIVAT KIIRGUST

Uuringuteks, kus ioniseerivat kiirgust ei kasutata, on UH-uuring ja MRT. UH-uuringu ohutuse suhtes on maailmas jõutud konsensussele. UH-uuring on kättesaadavusel alati esmaseks pildidiagnostiliseks vahendiks rasedate uurimisel ning puuduvad kirjeldatud ja dokumenteeritud juhtumid UH-uuringu kahjulikest mõjudest lootele (sh Doppleri funktsiooni kasutamisel) (7).

MRT-uuringut peetakse lootele ohutuks radioloogiliseks meetodiks alates teisest trimestrist (2, 31). MRT-uuringu otsest seosest kahjustavat mõju lootele pole praeguste uuringute andmetel tõestatud, kuid potentsiaalselt on säilinud riskid, et raadiosagedusest lähtuv kudedes soojenemine ja uuringust lähtuv akustiline müra võivad kahjustada loodet (32–35). Nende efektide mõju loote arenevale organismile pole täpselt teada. ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*) soovitude järgi tuleks raseda patsiendi MRT-uuring sooritada võimaluse korral pärast I trimestrit (36). Oluline on märkida, et MRT-uuringu puhul ei ole mitte ainult uuritav piirkond, vaid kogu raseda keha tugevas magnetväljas. ACRI juhendi järgi tuleks uuringu sooritamisel lähtuda vastavas meditsiinilises olukorras saadava diagnostilise info kasu

ja võimalike kahjude kaalumise (37). Näiteks võib apenditsiidi kahtluse korral tehtaval erakorralistel kõhu- ja vaagnauuringutel kaaluda kõhu MRT võimalikkust ja kasulikkust sama piirkonna KT-uuringuga võrreldes. Ema elulistel kaalutlustel tehtav MRT-uuring ei ole vastunäidustatud ühelgi raseduse trimestril.

Kanada sünnitusabi ja günekoloogia ühingu poolt 2014. aastal avaldatud juhendi järgi on nii 1,5 kui ka 3 teslase (T) MRT-uuringu kasutamine ohutu II ja III trimestri ajal. Rasedate puhul kasutatakse tavapärastel siiski nõrgemat 1,5 T tomograafi (31), mille potentsiaalne kahjustav mõju oleks nõrgem kui 3 T aparaadil. MRT-uuringu kasutamine rasedatel on eelnevalt nimetatud põhjustel limiteeritud ning uuringu riskide ja saadava diagnostilise kasu hindamiseks on võimalik konsulteerida radioloogidega. Olgugi et MRT-uuringu tegemisel ioniseerivat kiirgust ei kasutata, säilivad lootele riskid, mida praegu täpselt hinnata ei osata. MRT-uuringu kasutamine peab lähtuma kaalutletud otsusest ja vältimatust meditsiinilise uuringu tegemise vajadusest.

KONTRASTAINE KASUTAMINE RADIOLOOGILISTEL UURINGUTEL RASEDATEL NING SELLE MÕJU LOOTELE

ACRi kontrastainete kasutamise juhendi järgi on radioloogilises diagnostikas KT ja röntgenoloogilistel uuringutel joodil põhineva kontrastaine kasutamine raseduse ajal piiratud (38). Puudub ühtne seisukoht võimalike kontrastaine mõjude kohta lootele (38). Uuringutes on leitud, et joodi sisaldavad kontrastained läbivad mõõdetavas koguses platsentaarbarjääri (39, 40). American Journal of Roentgenology (AJR) ja ACRi andmetel ei ole joodi sisaldava kontrastaine veenisisesi manustamisel rasedatele esinenud praeguse ühtegi dokumenteeritud juhtumit kontrastaine teratogeensete mõjude kohta ega neonaalse hüpotüreoidismi juhtu (2, 41, 42). Rahvusvaheliselt tunnustatud ühingu European Society of Urogenital Radiology (ESUR) juhendi järgi on rasedatel lubatud joodil põhinevaid kontrastaineid kasutada erandjuhtudel ning sellisel juhul tuleb vastündinul esimesel elunädalal kontrollida kilpnäärme talitlust (43). Tänapäeval on vastündinute kilpnäärmefunktsiooni skriinimine esimesel elunädalal pärast

sündi tavapärane praktika (44–46) ja seda tehakse ka Eestis.

MRT-uuringus kasutatava gadoliiniumil põhineva kontrastaine puhul on loomkatsetes leitud kontrastaine võime läbida platsentaarbarjääri ning korduval suurtes annustes veenisisesi manustamisel ka teratogeenseid mõjusid (42, 47). Võib eeldada, et kontrastained, mis sisaldavad gadoliiniumi, toimivad sarnaselt ka inimorganismis ja jõuavad loote vereringesse (38, 48). Vereringest jõuab kontrastaine loote uriini kaudu amnionivedelikku ja seal neelab loode vedeliku oma seedetrakti, kus on võimalik selle vähene imendumine (38, 49). Gadoliiniumil põhinevate kontrastainete puhul ei ole tänaseni kirjeldatud võimalike kõrvaltoimete avaldumist rasedate uurimisel (38). De Santise jt (2007) kohortuuringus uuriti raseduse esimesel trimestril 26 naist, kes olid kokku puutunud gadoliiniumgelaatide kasutamisega. Uuritud kohordis ei avaldunud nende järglastel ühtegi teratogeenset ega mutageenset muutust (50). ESURi juhendi järgi peab gadoliiniumil põhinevatel MRT-uuringutel kontrastainete kasutamiseks olema väga tugev näidustus ning sellisel juhul tuleb kasutada stabiilseimat gadoliiniumiga kontrastainet väikseimas võimalikus annuses. Gadoliiniumil põhineva kontrastaine kasutamise järel pole vaja vastündinule teha lisaanalüüse, kuid säilivad tavapärased kontrastaine põhjustatud allergiliste reaktsioonide ning soovimatute kõrvaltoimete tekkimise riskid.

Ultraheliuuringul kasutatavad kontrastained on ESURi juhendi järgi raseduse ajal ohutud (43).

IMETAV EMA

Imetamise ajal on lubatud kasutada joodi sisaldavaid kontrastaineid. MRTs kontrastainete kasutamisel tuleb imetamine katkestada üheks ööpäevaks pärast kontrastaine manustamist. Neerukahjustusega rasedale või imetavale naisele kehtivad tavapärased joodil baseeruvate kontrastaine kasutamise piirangud ning gadoliiniumi sisaldavate kontrastainete kasutamine on vastunäidustatud (43).

Kokkuvõtvalt on ACRi kontrastainete kasutamise juhendis soovitatud manustada joodil põhinevaid kontrastained veenisisesi vaid tungiva diagnostilise vajaduse korral ning MRT ohutu praktika juhendis gadoliiniumil põhinevaid kontrastaineid kasutada

erilise ettevaatlikkusega ning kindlatel näidustustel, kus uuringust saadav kasu ületab ülekaalukalt teoreetilised ohud lootele (2, 38, 37).

KOKKUVÕTE

Rahvusvahelised organisatsioonid on ühisel seisukohal, et loote eksponeerimine ≤ 50 mGy suurusele ioniseeriva kiirguse doosile ei põhjusta suure tõenäosusega iseeneslikku aborti või malformatsioone ega mõjuta olulisel määral elu jooksul pahaloomuliste kasvajate tekkimise riski. Kahjulike mõjude võimalikuks avaldumise läviväärtuseks peetakse 100–150 mGy suurust doosi lootele, kuid see sõltub lisaks kiirguse liigist ning raseduse kestusest. Loote kiirgusrisk on suurim raseduse varajases staadiumis ehk organogeneesi ajal ning kehtib järgmine seos: mida suurem kiirgusdoos, seda suurem oht lootele.

Valdav osa diagnostilisi radioloogilisi uuringuid on loote neeldumiskiirguselt alla 50 mGy suuruse doosi. Diagnostiliste KT-uuringute ja röntgeniülesvõtete puhul on röntgenikiirgus suunatud kindlale kehapiirkonnale, ning kui loode ei jää vastavasse piirkonda, siis on lootes neelduv kiirgusdoos sedavõrd väike, et ei muuda raseduse kulgu ega mõjuta hajukiirguse näol olulisel määral loodet.

Rasedate uurimisel on võimaluse korral esmavalikuks alati UH-uuring ning vajaduse korral MRT-uuring. MRT-uuringu kasutamist soovitatakse alates II trimestrist, kuid ka selle uuringu puhul on võimalikud mõjud lootele, mis pole täpselt teada. Veenisisese või suukaudse kontrastaine kasutamine on rasedate uurimisel lubatud kindlatel näidustustel, kus kontrastaine kasutamisest saadav kasu ületab kindlalt teoreetilised ohud.

Üldine ioniseeriva kiirguse kasutamise põhimõte, s.o nii vähe kiirgust, kui on võimalik mõistlikult saavutada, kehtib ka rasedate puhul, kuid ei tähenda, et kõiki radioloogilisi uuringuid, mille tegemisel kasutatakse ioniseerivat kiirgust, peaks raseduse puhul iga hinna eest vältima. Lähtuma peab meditsiinilisest vajadusest ja uuringu näidustusest. Esikohal on raseda naise tervislik heaolu, sest ema haiguslik seisund võib kahjustada loodet rohkem kui tehtud uuring või sekkumine.

VÕIMALIKU HUVIKONFLIKTI DEKLARATSIOON

Artikli autoritel puudub huvikonflikt.

SUMMARY

Ionizing radiation in radiological examination of pregnant patients

Martin Reim¹, Mare Lintrop^{1,2}, Pilvi Ilves^{1,2}

The consensus statement of numerous international organisations (NCRP, ICRP, BEIR VII, CDC, ACR, ACOG) on the effects of ionizing radiation (IR) in the examination of pregnant patients is considered negligible at an exposed fetal dose of ≤ 50 mGy. The majority of diagnostic radiological modalities that use ionizing radiation (IR) remain under the dose of 50 mGy. According to the results of most studies, the teratogenic or mutagenic effects start from the threshold dose of 100–150 mGy. In diagnostic examinations where the gravid uterus is not directly exposed to IR the fetal absorbed dose is very low. The effects of IR depends also on the dose and on gestational age. There is correlation between higher dose and stronger effects while further gestational age results in lesser IR effects. The risks and benefits of any radiological examination should be considered from the maternal and fetal perspectives. Informed consent has to be documented in medical records. Modalities like sonography (US) and magnetic resonance imaging (MRI) do not make use of IR and will hence remain the first-line choices for pregnant patients. The MRI is considered safe practice starting from the 2nd trimester, but there are still some uncertainties about the possible risks for the developing fetus. For strong medical indications, the use of intravenous iodine and gadolinium based contrast media in the examination of pregnant patients is allowed but should be strictly limited. We should always keep in mind the principle of as low as reasonably achievable (ALARA), however, depending on medical circumstances the use of IR in the radiological examination of pregnant patients is not absolutely restricted.

KIRJANDUS/REFERENCES

1. Mossman KL, Hill LT. Radiation risks in pregnancy. *Obstet Gynecol* 1982;60:237–42.
2. Wang PI, Chong ST, Kielar AZ, et al. Imaging of pregnant and lactating patients: part 1, evidence-based review and recommendations. *Am J Roentgenol* 2012;198:778–84.
3. Keskkonnaamet. Keskkonna ioniseeriva kiirguse seire 2013. aasta tulemused. 2013.

¹ Radiology Clinic of Tartu University Hospital, Tartu, Estonia;
² Department of Radiology, University of Tartu, Tartu, Estonia

Correspondence to:
Martin Reim
reimmartin@gmail.com

Keywords:
pregnancy, ionizing radiation, radiological examination

4. Sadro CT, Dubinsky TJ. CT in pregnancy: Risks and benefits. *Appl Radiol* 2013;42:6–16.
5. National Research Council. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII phase 2. Washington: The National Academies Press; 2006.
6. The American College of Radiology (ACR), ACR–SPR Practice Parameter for imaging pregnant or potentially pregnant adolescents and women with ionizing radiation. Amended 2014; Resolution 39.
7. The American College of Obstetricians and Gynecologists. Guidelines for diagnostic imaging during pregnancy. ACOG Committee Opinion No. 299. *Obstet Gynecol* 2004;104:647–51.
8. Huda W. Review of radiologic physics. Baltimore: Williams & Wilkins; 1995.
9. Buschberg J. The essential physics of medical imaging. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001.
10. Wagner LK, Lester RG, Saldana LR. Exposure of the pregnant patient to diagnostic radiations. A guide to medical management. Madison: Medical Physics Publishing; 1997.
11. McCollough CH, Schueler BA, Atwell TD, et al. Radiation exposure and pregnancy: when should we be concerned? *Radiographics* 2007;27:909–17.
12. International Commission on Radiological Protection. Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus). Bethesda: ICRP Publication; 2003.
13. International Commission on Radiological Protections (ICRP). Pregnancy and medical radiation. *Ann ICRP* 2000;30:1–43.
14. Wagner LK, Applegate K. ACR practice guideline for imaging pregnant or potentially pregnant adolescents and women with ionizing radiation. American College of Radiology Accessed December 1, 2011.
15. Centers for Disease Control and Prevention Website. Radiation and pregnancy: a fact sheet for clinicians. Accessed December 1, 2011.
16. Knovel Website. National Council on Radiation Protection and Measurements. Considerations regarding the unintended radiation exposure of the embryo, fetus, or nursing child. 1994. Accessed December 1, 2011.
17. Valentin J. Effects of in utero irradiation. *Ann ICRP* 2000;30:9–12.
18. Ebrary I, National Research Council (U.S.). Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII, phase 2. Washington: National Academies Press; 2006.
19. Sechopoulos I, Suryanarayanan S, Vedantham S, D'Orsi C, Karellas A. Radiation dose to organs and tissues from mammography: a computational approach. *Radiology* 2008;246:434–43.
20. Gray JE. Safety (risk) of diagnostic radiology exposures. In: American College of Radiology. Radiation risk: a primer. Reston: ACR, 1996: 15–7.
21. Barraco RD, Chiu WC, Clancy TV, et al. Pregnant patient, diagnosis and management of injury. *J Trauma* 2010;69:211–4.
22. Angel E, Wellnitz CV, Goodsitt MM, et al. Radiation dose to the fetus for pregnant patients undergoing multidetector CT imaging: Monte Carlo simulations estimating fetal dose for a range of gestational age and patient size. *Radiology* 2008;249:220–7.
23. Koller CJ, Eatough JP, Bettridge A. Variations in radiation dose between the same model of multislice CT scanner at different hospitals. *Br J Radiol* 2003;76:798–802.
24. Boklage CE. Survival probability of human conceptions from fertilization to term. *Int J Fertil* 1990;35:75, 79–80, 81–94.
25. Brent RL, National Council on Radiation Protection and Measurements. Fifty years of scientific investigation: the importance of scholarship and the influence of politics and controversy. Bethesda: Taylor Lecture; 2006.
26. Otake M, Schull WJ. Radiation-related small head sizes among prenatally exposed A-bomb survivors. *Int J Radiat Biol* 1993;63:255–70.
27. Schull WJ, Otake M. Cognitive function and prenatal exposure to ionizing radiation. *Teratology* 1999;59:222–6.
28. Miller RW. Discussion: severe mental retardation and cancer among atomic bomb survivors exposed in utero. *Teratology* 1999;59:234–5.
29. Wakeford R, Little MP. Risk coefficients for childhood cancer after intrauterine irradiation: a review. *Int J Radiat Biol* 2003;79:293–309.
30. European Commission. Euratom 2013/59. Radiation Protection. 2013:59.
31. Patenaude Y, Pugash D, Lim K, Morin L. Society of Obstetricians and Gynaecologists of Canada. The use of magnetic resonance imaging in the obstetric patient. *J Obstet Gynaecol Can* 2014;36:349–63.
32. Chen MM, Coakley FV, Kaimal A, Laros RK Jr. Guidelines for computed tomography and magnetic resonance imaging use during pregnancy and lactation. *Obstet Gynecol* 2008;112:333–40.
33. Coakley FV, Glenn OA, Qayyum A, Barkovich AJ, Goldstein R, Filly RA. Fetal MRI: a developing technique for the developing patient. *AJR* 2004;182:243–52.
34. Baker PN, Johnson IR, Harvey PR, Gowland PA, Mansfield P. A three-year follow-up of children imaged in utero with echoplanar magnetic resonance. *Am J Obstet Gynecol* 1994;170:32–3.
35. Glover P, Hykin J, Gowland P, Wright J, Johnson I, Mansfield P. An assessment of the intrauterine sound intensity level during obstetric echo-planar magnetic resonance imaging. *Br J Radiol* 1995;68:1090–4.
36. Duchêne AS, Lakey JRA, Repacholi MH; International Radiation Protection Association (IRPA). IRPA guidelines on protection against non-ionizing radiation: the collected publications of the IRPA Non-ionizing Radiation Committee. New York: Pergamon; 1991.
37. Kanal E, Barkovich AJ, Bell C, et al. ACR guidance document for safe MR practices: 2007. *AJR* 2007;188:1447–74.
38. The American College of Radiology (ACR). ACR Committee on Drugs and Contrast Media Version 9. 2013.
39. Dean PB. Fetal uptake of an intravascular radiologic contrast medium. *Rofo* 1977;127:267–70.
40. Kanal E, Barkovich AJ, Bell C, et al. ACR guidance document for safe MR practices. *Am J Roentgenol* 2007;188:1447–74.
41. Atwell TD, Lteif AN, Brown DL, et al. Neonatal thyroid function after administration of IV iodinated contrast agent to 21 pregnant patients. *Am J Roentgenol* 2008;191:268–71.
42. Bourjeily G, Chalhoub M, Phornphutkul C, et al. Neonatal thyroid function: effect of a single exposure to iodinated contrast medium in utero. *Radiology* 2010;256:744–50.
43. European Society of Urogenital Radiology committee. ESUR Guidelines on Contrast Media 8.1. 2013.
44. Kochi MH, Kaloudis EV, Ahmed W, et al. Effect of in utero exposure of iodinated contrast on neonatal thyroid function. *J Comput Assist Tomogr* 2012;36:165–9.
45. McKay DB, Josephson MA. Pregnancy in recipients of solid organs—effects on mother and child. *N Engl J Med* 2006;354:1281–93.
46. Rajaram S, Exley CE, Fairlie F, et al. Effect of antenatal iodinated contrast agent on neonatal thyroid function. *Br J Radiol* 2012;85:e238–42.
47. Okuda Y, Sagami F, Tirone P, Morisetti A, Bussi S, Masters RE. Reproductive and developmental toxicity study of gadobenate dimeglumine formulation (E7155) (3): study of embryo-fetal toxicity in rabbits by intravenous administration [in Japanese]. *J Toxicol Sci* 1999;24:79–87.
48. Moon AJ, Katzberg RW, Sherman MP. Transplacental passage of iohexol. *J Pediatr* 2000;136:548–9.
49. Panigel M, Wolf G, Zeleznick A. Magnetic resonance imaging of the placenta in rhesus monkeys, *Macaca mulatta*. *J Med* 1988;17:3–18.
50. De Santis M, Straface AF, Cavaliere B, et al. Gadolinium periconceptual exposure: pregnancy and neonatal outcome. *Acta Obstetrica et Gynecologica* 2007;86:99–101.